Das Verhalten des Basalt gegen Säure und die Schlüsse, die daraus auf die Entstehung dieses Gesteines zu ziehen sind.

(Preisschrift des naturwissentschaftlichen Seminars in Bonn.)

als

Inaugural-Dissertation

eingereicht
bei der philosophischen Facultät der Großherzogl.
Universität Rostock
im August 1872

von

Gustav Looser.

Druck von Wilh. Büse in Essen.

Lebenslauf.

Ich, Gustav Looser, bin geboren in Düsseldorf den 31. März 1847. Meine Eltern Wilh. Looser und Elise L. geb. Minjon ließen mich das Gymnasium an Marzellen in Cöln besuchen, von wo ich mit dem Zeugnisse der Reife im Herbst 1867 entlassen wurde und in Bonn 6 Semester Mathematik, Naturwissenschaften und neuere Sprachen studirte. Nach bestandenem Staatsexamen trat ich Herbst 1871 an der höheren Bürgerschule in Rheydt mein Probejahr an, und erhielt hierauf 1872 im October eine Stelle als Hülfslehrer an der Realschule in Essen, welche ich zur Zeit noch bekleide. Meine Confession ist die katholische.

Die Frage, ob der Basalt auf nassem oder auf feuerflüssigem Wege entstanden sei, ist unter den Geologen der Jetztzeit noch eine schwebende. Sehr viele Gründe sind für beide Ansichten aufgeführt und verfochten worden, aber noch keiner, der geeignet ist die Sache in ein solches Licht zu stellen, daß ein unbefangen Urtheilender der einen Partei die Gründe der andern als zwingend anerkennen mußte. Wünschenswerth ist es demnach, daß immer mehr Punkte aufgedeckt werden, um diese zwingende Gewißheit in einer Streitfrage, die so lange die Männer der Wissenschaft beschäftigt, herbeizuführen.

Es muß daher jeder noch so schwache Versuch willkommen sein, der die Frage ihrer Lösung, wenn auch nur um wenig, näher zu bringen im Stande ist.

Es wurden nun von Prof. Bischof in den letzten Jahren seines Lebens neue Versuche zu demselben Zweck angestellt, die wohl geeignet sind, die Frage zu einem endgültigen Abschlusse zu bringen, und zwar zu Gunsten der plutonistischen Theorie, einer Richtung, die Bischof sein ganzes Leben hindurch bekämpft.

Ein schöner Beweis indessen für die Unbefangenheit seines Urtheils, das einer besseren Ueberzeugung gern die Früchte fast lebenslänglichen Studiums opferte.

Nachstehende Untersuchungen verdanken ihre Anregung den Versuchen, die Bischof (dessen Assistent zu sein ich die Ehre hatte) zu Gunsten der plutonistischen Anschauung anstellte.

Der Zweck dieser Untersuchung ist, aus dem Verhalten des Basalt gegen Säure vor und nach dem Schmelzen, Aehnlichkeit aufzufinden mit Gesteinen, deren Charakter bereits feststeht.

Verhält Basalt sich gegen Säure wie ein geschmolzenes oder wie ein ungeschmolzenes Mineral?

Wir lassen zuerst die Versuche folgen.

Als zu untersuchende Gesteine wurden genommen: Basalt vom Minderberg bei Linz, ein Stück aus der Mitte nachdem sämmtliche Verwitterungskruste entfernt worden,

dann Lava vom Veitskopf nach dem Laachersee hin und Schlacke vom Hochsimmer. Von jedem wurden 100 Gewichtstheile geschmolzen und desgleichen 100 Gewichtstheile ungeschmolzen genommen und fein gepulvert. Von den beiden ersten Gesteinen nahm ich doppelte Proben zu je zwei Versuchen. Das Schmelzen geschah in einem hessischen Tiegel ungefähr eine halbe Stunde lang. Darauf wurde die geschmolzene Masse in Wasser gegossen, getrocknet und gepulvert. Das Trocknen geschah mit Anwendung aller Vorsichtsmaßregeln im Luftbade. Dann wurden alle Proben mit Chlorwasserstoffsäure von 1,195 spec. Gew. übergossen, jede mit gleicher Menge und dann ungefähr 20 Stunden digerirt. Die geschmolzenen Proben brausten beim Uebergießen mit der Säure stets stärker. Die Flüssigkeit über den geschmolzenen Proben war gelb, die über den ungeschmolzenen grünlich-grau.

Nachdem also die Säure wohl eine hinreichende Zeit lang eingewirkt hatte, wurde abfiltrirt und sorgfältig ausgewaschen, bis salpetersaures Silber im Waschwasser keinen Niederschlag von Chlorsilber mehr erzeugte. Die Rückstände der geschmolzenen Proben waren alle rein weiß, die der ungeschmolzenen grau. Hierauf wurden die Rückstände sorgfältig getrocknet und gewogen. Dabei ergaben sich folgende Zahlen:

Rückstand (in Procenten)

	geschmolzen	ungeschmolzen
1) Basalt I.	52,32	77,99
2) Basalt II.	50,97	77,67
3) Lava von Veitskopf I.	48,17	76,37
4) Lava von Veitskopf II.	47,72	76,02
5) Schlacke	50,02	72,49

Gelöst wurden also (in Procenten) bei dem

geschmolzenen	ungeschmolzenen Gesteine
1) 47,68	22,01
2) 49,03	22,33
3) 51,83	23,63
4) 52,28	23,98
5) 49,98	27,51

Welche Schlüsse sind nun aus diesen Resultaten zu ziehen?

Wenn Basalt geschmolzen worden ist, so sieht die geschmolzene Masse der ungeschmolzenen allerdings sehr unähnlich. Erstere ist schwarz-glasig und hat mehr das Ansehen einer Schlacke, während ungeschmolzener Basalt grau ist und rauhere Bruchflächen zeigt. Es scheint also auf den ersten Blick, als könnte der Basalt sich nicht in geschmolzenem Zustande befunden haben.

Nun aber zeigte die Lava vom Veitskopf genau dasselbe Verhalten. Aus der erdigen Masse wurde durch Schmelzen eine schwarze glasige, die sich durch ihr Aussehen vom geschmolzenen Basalt durchaus nicht unterschied. Wenn aber ein Gestein, von dem man sicher weiß, daß es sich im geschmolzenen Zustande befunden hat, weil die Stelle, an der es gefunden wurde, zu deutlich den Charakter eines Krater und Lavastroms trägt*), durch nochmaliges Schmelzen eine totale Veränderung in seinem Aussehen erleidet, so liegt der Gedanke nicht fern, daß auch am Basalt, die Jahrtausende eine Veränderung hervorgebracht haben können, die durch nochmaliges Schmelzen wieder aufgehoben wird.

Entscheidender aber noch, als dieses bloße äußere Merkmal, sind die Resultate, die sich aus den Versuchen selbst ergeben.

Bei den untersuchten Schlacken und Laven ergiebt sich im Ganzen und Großen das Resultat, daß bei den geschmolzenen Proben, der Rückstand ungefähr dem gelösten Theile gleichkommt dagegen bei den ungeschmolzenen sich der Rückstand zum gelösten fast wie 3 zu 1 verhält.

Es tritt also auch in dem Verhalten zu Säure durch Schmelzen bei schon geschmolzenen Gesteinen eine wesentliche Aenderung in ihrem Verhalten ein.

Wenn wir nun einen Blick auf die bei den Versuchen mit Basalt erhaltenen Zahlen werfen, so sehen wir, daß dort fast genau dieselben Verhältnisse obwalten, wie bei den Laven und Schlacken. Die Farbe des Rückstandes

*) Es kann nemlich der Strom sehr deutlich verfolgt werden.

ist ganz entsprechend, und die Zahlen stimmen beim Basalt hinlänglich genau zu denen der übrigen Gesteine.

Daß in den Versuchen, die sich auf dasselbe Mineral in demselben Zustande beziehen, in den Zahlen keine größere Uebereinstimmung erzielt wurde, trotz aller Vorsichtsmaßregeln, kann nicht ungenauem Experimentiren zugeschrieben werden, sondern hat seinen Grund wohl darin, daß man hier nicht mit gleichartigen Massen zu thun hatte, sondern mit solchen, deren Zusammensetzung oft an wenig von einander entfernten Theilen etwas verschieden ist, sowohl durch Einflüsse als auch ohne solche.

Wir sehen also, daß wir aus der Verschiedenheit des Verhaltens gegen Säure vor und nach dem Schmelzen beim Basalt noch nicht zu dem Schlusse berechtigt sind, derselbe sei deshalb wohl nicht auf feuerflüssigem Wege entstanden; zeigt er doch sonst alle Erscheinungen, die auch geschmolzene Gesteine zeigen.

Wir können indeß noch fragen, wie kommt es, daß bei Gesteinen, die offenbar schon geschmolzen waren, eine nochmalige Schmelzung eine Aenderung des Verhaltens zur Folge haben kann?

Schon Kobell*) bemerkt, daß Granat und Vesuvian nach dem Schmelzen sich anders verhalten, als vorher. Diese an sich merkwürdige Thatsache wollte er dadurch erklären, daß durch Schmelzen der krystallinische Zustand und dadurch die Attractionskraft der Bestandtheile dieser Mineralien aufgehoben werde. Doch eine einfache Thatsache stößt diese etwas gewagte Hypothese um. Durch bloßes Glühen nämlich, ohne vorheriges Schmelzen, zeigte sich ebenfalls eine Aenderung im Verhalten des Minerals. Durch Glühen allein wird aber offenbar der krystallinische Zustand nicht aufgehoben.

Kobell's Erklärung reicht also selbst für diese einfachen Mineralien nicht aus, noch weniger aber für die untersuchten Laven und Schlacken. Diese sind nemlich nicht einfache Mineralien sondern Gesteinsarten. Es können also hier noch ganz andere Momente hinzutreten.

---

*) Siehe Bischof Geologie II. 281.

Es scheint mir nun in Folgendem der Grund dieser Erscheinung zu liegen.

Wenn ein Gestein geschmolzen worden ist und kann nach dem Schmelzen langsam erkalten, so sind alle Bedingungen zu mineralogischen Neubildungen gegeben. Das heißt: es können in Folge der bekannten physikalischen und chemischen Processe (Krystallbildung 2c.) gewisse Stoffe sich ausscheiden und aus den so gebildeten einfacheren Körpern kann ein zusammengesetztes Mineral im eigentlichen Sinne des Wortes werden.

Wird aber ein Gestein, nachdem es geschmolzen war plötzlich abgekühlt, so hört jede Scheidung auf. Die durch Schmelzen homogen gewordene Masse bleibt, was sie auch im geschmolzenen Zustande war, eine structurlose innige Mischung aller vorhandenen Stoffe. Die Bedingungen dagegen z. B. zur Bildung von Krystallen, die für die im Basalt enthaltenen Stoffe doch wohl längere Zeit erfordern würde, sind nicht vorhanden. Es kann aber von mineralogischen Neubildungen unter diesen Umständen nicht die Rede sein.

In den Laven nun lassen sich auch wirklich krystallisirte Mineralien nachweisen, z. B. Augit, Leucit u. a., wie dies besonders durch die schönen ganz originellen Untersuchungen von Dr. Zirkel in Kiel nachgewiesen ist. Derselbe verfuhr dabei in der Art, daß er ganz dünngeschliffene Blättchen der betreffenden Steine unter das Mikroscop brachte und so die krystallinische Structur verschiedener Gesteine evident nachwies. Dabei ließen sich denn die einzelnen Gemengtheile sehr oft durch ihr äußeres Ansehen allein deutlich nachweisen.

Die Krystallbildung kann bei Laven also vor sich gehen, da diese (im Innern wenigstens) ja sehr langsam erkalten. Wird nun aber eine geschmolzene Masse plötzlich abgekühlt, so wird sie homogen. Was ist die Folge davon gegenüber der Einwirkung von Säure?

Wenn diese auf langsam erkaltete Laven und Schlacken, wo also die Gemengtheile sich wieder als solche ausgeschieden haben, einwirkt, so werden diejenigen Theile angegriffen werden, die auch überhaupt, als solche unter den

gegebenen Verhältnissen von den betreffenden Säuren angreifbar sind, die übrigen aber werden unverändert bleiben. Wie ist es aber bei rasch abgekühlten Massen? Hier hat ein Bestandtheil dem andern im flüssigen Zustande als Flußmittel, als Aufschlußmittel gedient und so ist es sehr natürlich, daß also auch mehr Stoffe für die Säuren angreifbar werden müssen.

Es findet mithin derselbe Proceß statt, wie beim Aufschließen der Silicate durch kohlensaure Alkalien. Es ist daher leicht einzusehen, daß, wenn das umgekehrte Verhältniß eingetreten ist, d. h. aufgeschlossene Stoffe sich wieder trennen und als selbstständige Körper ausscheiden, diese auch ihren individuellen Character im Verhalten gegen Säuren behaupten werden.

In der eben gegebenen Erklärung ist meiner Ansicht nach nichts gesuchtes und gezwungenes, wie dies doch jedenfalls die Ansichten und Erklärungsversuche von Kobell und Andere sind. Die Erklärung fußt auf Thatsachen, die dem Chemiker und Mineralogen nicht fern liegen.

Auch sind die Verhältnisse hier nicht so abnorm, daß die Schlüsse, die bei jenen bekannten Vorgängen zulässig wären, nicht ohne Zwang auf die vorliegenden Thatsachen übertragen werden könnten.

Basalt zeigt nun ganz dasselbe Verhalten, wie die eben besprochenen Gesteine. Derselbe enthält ebenfalls deutlich krystallisirte Mineralien. Im ursprünglichen Zustande eines langsamen Erkaltens konnten diese alle sich als Krystalle oder doch als einfache Mineralien ausscheiden wie Augit, Feldspath, Nephelin, Olivin, Apatit, Hornblende, Glimmer &c. Die genannten Stoffe sind von Dr. Zirkel auch wirklich mikroskopisch auf dem früher angedeuteten Wege nachgewiesen worden.

Es werden also auch hier beim Behandlen mit Säure diejenigen unter den vorhandenen Stoffen, die überhaupt von den betreffenden Säuren angegriffen werden können, wie z. B. Nephelin, Apatit, Hornblende (wenn sie viel Eisen enthält) &c. — sich lösen, dagegen werden Auguit, Feldspath, Olivin und Glimmer, die für sich allein nicht angreifbar sind, auch hier unverändert bleiben.

Als homogene umgeschmolzene und rasch abgekühlte Masse verhält sich dagegen der Basalt wie ein aufgeschlossenes Mineral. Es werden die sonst unlöslichen durch die im flüssigen Zustande einwirkenden übrigen Stoffe und durch die wechselseitige Einwirkung auf einander in höherem Grade für die betreffende Säure angreifbar.

Ja es hat sich nachträglich sogar herausgestellt, daß wirklich beim Basalt ein bloßes Umschmelzen ein vollständiges Aufschließen zur Folge hat.

Ich verglich nemlich die Rückstände (d. h. die Procente derselben) der geschmolzenen Partieen, weil ich, geleitet durch die reine weiße Farbe, dieselbe von vornherein für reine Kieselsäure gehalten hatte, mit den Procentzahlen, die Prof. G. Bischof durch Aufschließen mit kohlensauren Alkalien, also bei der vollständigen Analyse für Kieselsäure erhalten hatte, und fand, daß meine Zahlen nur um weniges größer waren, als die aus der vollständigen Analyse erhaltenen.

Ich kam dadurch auf den Gedanken, daß beim Basalt und den Schlacken, die untersucht worden waren, durch bloßes Schmelzen ein vollständiges Aufschließen stattfinde. Warum eine partielle Aufschließung stattfindet und stattfinden muß, habe ich, wie ich glaube, hinreichend erklärt. Das Factum aber, daß Basalt 2c. vollständig aufgeschlossen werde, ist die beste Stütze für meine Ansicht. Es handelte sich nur noch darum, das Factum durch weitere Versuche festzustellen.

Dieselben unternahm Prof. Bischof, der sich sehr für die Sache interessirte, selbst. Auch er erhielt indeß anfangs durch bloses Schmelzen etwas zu große Zahlen. Es stellte sich indessen bald heraus, daß die Thonerde äußerst hartnäckig an der Kieselsäure haften blieb. Dem Uebelstande wurde jedoch durch nochmaliges Behandeln mit Säure abgeholfen. Auch stellte sich nach einigen Versuchen heraus, daß etwas längeres Schmelzen nothwendig ist, als es für die anfangs ins Auge genommenen Zwecke nothwendig war.

Es blieb, als die Probe gemacht wurde, und die Kieselsäure durch Fluorwasserstoff vertrieben worden war, nur ein höchst unbedeutender Rückstand und stimmten die aus der vollständigen Analyse erhaltenen Zahlen nun recht gut mit den durch bloses Schmelzen erhaltenen überein.

Ich glaube, daß das letztere Factum, die vollständige Aufschließung der Basalte und Laven durch Schmelzen sowohl von Interesse, als auch von practischem Nutzen für die Chemie ist. Es wird nun erstens ein zweimaliges Aufschließen der Mineralien unnöthig, indem jetzt die Alkalienbestimmung direct an derselben Probe vorgenommen werden kann, und es ist zweitens auch ein Vortheil, der überaus lästigen und für die Gesundheit gefährlichen Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure überhoben zu sein.

Wir sehen aus vorstehender Untersuchung, daß Basalt sich ganz wie ein geschmolzenes Gestein verhält, und dürfte somit, wenn auch nur wenig, die plutonistische Theorie an Wahrscheinlichkeit gewinnen.

Es ist hier wohl der Ort, eine Ansicht des Herrn Prof. Dr. Mohr, die derselbe in der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Betreff der Entstehung der Trachyte und Basalte ausgesprochen, einer kurzen Betrachtung zu unterziehen:

Der Einwand, der hier der plutonischen Ansicht gemacht wird, besteht in der Behauptung, daß Trachyte und Basalte nicht auf feuerflüssigem Wege entstanden sein könnten, wei sie Eisenoxydul und kohlensauren Kalk enthielten, und ihr specifisches Gewicht beim Glühenabnehme.

Was das Vorkommen des Eisenoxydul anbetrifft, so genügt es wohl, das Vorkommen in Gesteinen nachzuweisen, die offenbar vulkanischen Ursprunges sind. Der Bimstein z. B. enthält, wie Mohr selbst im Nachtrage zu seiner Geologie angiebt, Eisenoxydul verbunden mit Eisenoxyd zu Magneteisen. Mohr hat die Splitter des letzteren aus dem gepulverten Mineral mit Hülfe eines Stahlstabes herausgezogen. Wenn also hier Eisenoxydul, sich bilden und erhalten konnte, warum nicht auch im Basalt, auch wenn er feuerflüssig gewesen? Nach Mohr ist jedoch die Anwesenheit von Eisenoxydul ein Zeichen, daß Bimstein ein nicht vollständig geschmolzenes neptunisches Gestein (Trachyt) sei. Es soll die schwere Schmelzbarkeit des Bimsteines den Beweis liefern, daß derselbe nie vollständig geschmolzen gewesen sei. Konnten denn nicht, oder mußten nicht vielmehr bei den großartigen Schmelzprozessen, wie

sie im Laboratorium der Natur vorkommen, unberechenbar höhere Hitzegrade auftreten, als uns zu erzielen möglich ist? Gerade die große Porosität der Bimsteine läßt wohl den Schluß zu, daß zu einer so innigen Vermengung mit Luft ein ziemlich dünnflüssiger Zustand bestanden haben muß. Es würden sich sonst wohl größere Blasen, nicht aber mikroskopisch kleine Luftbläschen, die wahrscheinlich der Mitwirkung des Wasserdampfes ihren Ursprung verdanken, gebildet haben. Es kann ja auch gerade der bei der Zersetzung des Wasserdampfes auftretende Wasserstoff als Reductionsmittel gewirkt haben. Es ist nicht nöthig, daß Kohle gerade immer diese Rolle übernehme.

Es finden sich ferner nach den Analysen Dr. Lasaulx*) in der vulkanischen Lava des Puy Gravenoire reichliche Mengen von Magneteisen.

Daß ferner in geschmolzenen Gesteinen, in Laven auch kohlensaure Verbindungen vorkommen, ist ebenfalls nachgewiesen worden. Jedes ausführliche Lehrbuch gibt darüber Aufschluß. Es würde hier nur zu Wiederholungen führen und ist schon oft der Ansicht von Dr. Mohr entgegengestellt worden, daß genetisch gleiche Körper, in späterem Verlaufe verschiedenen Einwirkungen ausgesetzt, ihren Charakter bedeutend ändern können. Es fehlen dann aber auch selten die Uebergänge zwischen derartigen metamorphischen Produkten.

Was endlich das specifische Gewicht anbetrifft, so ist dies durchaus keine so scharfe Grenze zwischen neptunischen und vulkanischen Erzeugnissen, und brauche ich auch hier nur auf die Untersuchung von Dr. Lasaulx hinzuweisen, wodurch dargethan wird, daß die vulkanischen Producte des Gravenoire specifische Gewichte zeigen von 2,13 (der glasigen Massen) bis zu 2,79. Die Laven führen in ununterbrochener Reihe auf die Basalte mit stetiger Zunahme der specifischen Gewichte. Wenn also Dr. Mohr behauptet, es müsse heißen: die Producte zeigen eine Gewichts a b n a h m e, so liegt darin noch kein Beweis, sondern nur eine einseitige Anschauung von seinem Standpunkte aus.

*) Poggend. Aanal. Bd. 13b Lasaulx (Ueber die spec. Gew. balsaltischer Laven.)